

⑬ 日本国特許庁 (JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭55—164324

⑤ Int. Cl.<sup>3</sup>  
G 01 L 9/08  
G 01 N 29/00  
H 03 H 9/25

識別記号

庁内整理番号  
7187—2F  
7145—2G  
7232—5J

④ 公開 昭和55年(1980)12月22日

発明の数 1  
審査請求 未請求

(全 7 頁)

⑭ 音波センサ

② 特 願 昭55—72664

② 出 願 昭55(1980)5月29日

優先権主張 ③ 1979年6月4日 ③ 米国(US)  
③ 45506

⑦ 発 明 者 テオング・シー・リム  
アメリカ合衆国カリフォルニア  
州サウザンド・オークス・ビー  
ナス・ストリート368

⑦ 発 明 者 エドワード・ジェイ・ステイブ

ルズ

アメリカ合衆国カリフォルニア  
州サウザンド・オークス・タイ  
オーガ・プレイス805

⑦ 出 願 人 ロックウエル・インターナシヨ  
ナル・コーポレーション  
アメリカ合衆国カリフォルニア  
州エル・セゲンド・イースト・  
イムペリアル・ハイウェイ・22  
30

⑦ 代 理 人 弁理士 深見久郎 外2名

明 細 書

1、発明の名称

音波センサ

2、特許請求の範囲

(1) 物理変数の変化にしたがって変調される共振周波数を有する音波発振器、および

前記変調された周波数を無線周波数信号として直接に伝送するための放送増幅器を備える、音波センサ。

(2) 前記放送増幅器の出力を受けかつ前記無線周波数信号を放射するための送信アンテナをさらに備える、特許請求の範囲第(1)項記載の音波センサ。

(3) 前記発振器は

表面弾性波トランスデューサ、および

フィードバックループにおいて前記トランスデューサに結合された増幅器を含み、

前記トランスデューサは前記ループの共振周波数を変調するようにされている、特許請求の範囲第(1)項記載の音波センサ。

(1)

(4) 前記トランスデューサは

圧電結晶体、および

前記結晶体の表面上に配置されるインタディジタル導体アレイを含み、

前記インタディジタル導体アレイは前記結晶体において、前記アレイへの無線周波数信号が与えられたとき表面弾性波を発生するようにされている、特許請求の範囲第(3)項記載の音波センサ。

(5) 前記音波センサは圧力を検出するようにされており、さらに

その中に空洞を規定するハウジング、および

前記ハウジングにおいて前記空洞に連通する開口を備え、

前記結晶体は、前記開口をふさぐように前記ハウジングに取付けられていて、前記結晶体に印加される圧力差に応じてたわむようにされている、特許請求の範囲第(4)項記載の音波センサ。

(6) 前記導体アレイを保持している前記結晶体の表面は前記空洞に通じていて、それによって前記音波センサは前記トランスデューサへの損

(2)

傷なしに苛酷な環境における使用に適するようにされている、特許請求の範囲第(5)項記載の音波センサ。

(7) 前記音波センサは水中環境で動作するようにされている、特許請求の範囲第(6)項記載の音波センサ。

(8) 前記発振器は

Stoneley音波トランスデューサ、およびフィードバックループにおいて前記トランスデューサに結合される増幅器を備え、

前記トランスデューサは前記ループの共振周波数を変調するようにされている、特許請求の範囲第(1)項記載の音波センサ。

(9) 前記トランスデューサは

第1の平滑表面を有する第1の圧電結晶体、

第2の平滑表面を有する第2の圧電結晶体であって、前記第2の平滑表面が前記第1の平滑表面に接触して前記結晶体間の界面を規定する、第2の圧電結晶体、および

前記第1の平滑表面上に配置されるインタディ

(3)

(10) 前記音波センサは水中環境で動作するようにされている、特許請求の範囲第(10)項記載の音波センサ。

### 13. 発明の詳細な説明

この発明は物理変数の測定のための装置および方法に関する。より特定のには、この発明は離れた位置でのそのような変数の測定に関する。

圧力、温度、大気負荷(atmospheric loading)などの物理変数は、研究や工業的方法での多くの異なる応用において測定される必要がある。そのような変数は、しばしば、離れた位置で測定されなければならない。そしてその後その測定された量に関する情報は受信ユニットに中継されなければならない。たとえば音波を用いる水中通信システムにおいては、その通信ないし検出システムで有用な情報を含む動的な水圧変化を検出するために、遠隔圧力センサが用いられている。そのような音波圧力センサは、一般に、音波ブイ(sonobuoy)や曳引センサアレイで用いられている。

過去において、ソナーや他の遠隔応用における

(5)

デジタル導体アレイであって、前記アレイは前記界面において前記アレイへの無線周波数信号が与えられたとき Stoneley 音波を発生するようにされているインタデジタル導体アレイを備える、特許請求の範囲第(8)項記載の音波センサ。

(11) 前記音波センサは圧力を検出するようにされており、さらに

そこに空洞を規定するハウジング、および

前記ハウジングにおいて前記空洞に連通する開口を備え、

前記2つの結晶体は前記開口をふさぐように前記ハウジングに取付けられていて、前記結晶体に印加される圧力差に応じてたわむようにされている、特許請求の範囲第(9)項記載の音波センサ。

(12) 前記ハウジングにおいて前記空洞に連通するオリフィスを備え、

前記オリフィスは、静的圧力等化を与えるが、しかし前記結晶体が動的圧力差に応じてたわむように十分小さい、特許請求の範囲第(11)項記載の音波センサ。

(4)

使用のためのセンサは、トランスデューサを用いていた。トランスデューサは磁気ひずみや圧電気の原理を用いて、信号によって引起こされる水圧や他の変化を電気信号の振幅における変化に変換する。遠隔圧力センサによって検出された情報が他の位置に中継されなければならないとき、そのような振幅変調信号は、一般に、先行技術においては周波数変調信号に変換され、次いで無線周波数放送で受信機に伝送されていた。

圧力や他の物理変数に関する情報を検出しかつ中継するような先行技術の方法は、多くの不利な点を有する。振幅変調のセンサは比較的低周波の入力についてだけ有効に動作する。さらに、そのようなセンサによって与えられる出力信号は、非常に低いレベルである。結果として公知の遠隔トランスデューサの設計によって提供される信号は、過大な量の電氣的な雑音を含む傾向にある。さらに、AMからFMへの変換能力を提供するために、そのようなトランスデューサの設計においては、比較的複雑な電気回路が要求され、結果と

(6)

してその先行技術の検知システムは高価で信頼性が悪くかつ比較的短寿命であるという傾向にある。さらに、先行技術の通隔センサの設計は、センサの位置の周囲温度の変化によって出力に変化を受ける。

結果的に、離れた位置で物理変数を検知しかつその変数に関する情報を中継することのできる、改良された検知技術の必要性が当該技術分野において出現した。このようなシステムが高信頼性でありながら比較的安価に構成されるということは有利であろう。さらに、このようなシステムが、通隔受信機に有効に伝送されるべき十分な信号強さの明瞭な出力信号を提供することは望ましいことであろう。

この発明の包括的な目的は離れた位置での物理変数の測定のための新しく改良された技術を提供することである。

この発明にしたがった音波センサは、物理変数における変化にしたがって変調される共振周波数を有する音波発振器と、その変調された周波数を

(7)

直接に無線周波数信号として伝送するための放送増幅器とを含む。

好ましい実施例では、センサは表面弾性波圧力センサであり、その表面弾性波圧力センサは、その中に空洞を規定するハウジングと、そのハウジングにおいてその空洞に連通する開口と、開口をふさぐようにハウジングに取り付けられる表面弾性波トランスデューサであってそのトランスデューサに印加される圧力差に応じてたわむようにされているトランスデューサと、フィードバックループにおいてそのトランスデューサに結合された増幅器とを含み、それによってトランスデューサはそのたわみに応じてループの共振周波数を変調するようにされていて、さらにその変調された周波数を直接に無線周波数信号として伝送するための放送増幅器を含む。

表面弾性波トランスデューサは、圧電結晶体と、その圧電結晶体の表面上に配置されたインタディジタル導体アレイとを含み、そのアレイはそのアレイへの無線周波数信号の印加にしたがって結晶

(8)

体で表面弾性波を発生するようにされている。

他の好ましい実施例では、センサはStoneley音波圧力センサであり、そこに空洞を規定するハウジングと、そのハウジングにおいてその空洞に連通する開口と、その開口を覆うようにハウジングに取り付けられたStoneley音波トランスデューサとを含み、そのトランスデューサはそこに印加される動的圧力差に応じてたわむようにされていて、さらにハウジングにおいて空洞に連通して任意の静的圧力差を等化するオリフィスと、フィードバックループにおいてトランスデューサに結合される増幅器とを含み、それによってトランスデューサはそのたわみに応じてループの共振周波数を変調するようにされていて、そしてその変調された周波数を直接に無線周波数信号として伝送するための放送増幅器を含む。

Stoneley音波トランスデューサは、第1の平滑表面を有する第1の圧電結晶体と、結晶体間の界面を規定するために第1の表面と接触する第2の平滑表面を有する第2の圧電結晶体と、第1の表

(9)

面上に配置され、そこへの無線周波数信号が与えられるときその界面でStoneley音波を発生するインタディジタル導体アレイとを含む。

この発明にしたがった、離れた位置での物理変数の測定の方法は、知られた周波数で圧電材料に音波を発生させ、

物理変数における変化にしたがって発生された波の周波数を変調し、変調された周波数を無線周波数信号として放送する。

圧力を測定するために表面弾性波トランスデューサを用いる好ましい実施例では、この発明の方法は

フィードバックループにおいて表面弾性波トランスデューサを結合し、

圧力差に応じてたわむようにトランスデューサを組立て、それによってそのフィードバックループの共振周波数を変調し、そして

その変調された周波数を無線周波数信号として放送する。

圧力を測定するためにStoneley音波トランスデ

(10)

ユーサを用いる他の好ましい実施例では、この発明の方法は

フィードバックループに Stoneley 音波トランスデューサを結合し、圧力差に応じてたわむようにトランスデューサを組立て、それによってそのフィードバックループの共振周波数を変調し、そして

その変調された周波数を無線周波数信号として放送する。

以下に述べる詳細な説明の理解を容易にしかつこの発明が当該技術分野に与える貢献度がよりよく認められうるように、上ではこの発明のより重要な特徴の例が大まかに概説された。もちろんこの発明の追加の特徴が以下に説明されかつそれらは特許請求の範囲の主題に含まれている。

この発明の追加の目的、特徴および利点は添付図面に関連する好ましい実施例の以下の詳細な説明の参照によって明らかとなるであろう。なお、図面では、全図を通して同様のエレメントには同様の参照符号を付してある。

01

晶体材料 32 の 1 つの平滑表面 30 上に配置されている。結晶材料 32 は、典型的には、水晶またはニオブ酸リチウムである。フィンガは半波長だけ間隔が隔てられている。その波長は、用いられる特定の結晶材料 32 において表面弾性波が伝搬するであろう速度を考慮して、その発生された波が予め選択された周波数を有するように選ばれている。その発生された波の振幅およびバンド幅はアレイに用いられているフィンガ対の数によって決まり、そのバンド幅はフィンガの数に反比例する。素子が適当な予め選択された周波数を有する交流源に接続されると、その動作ないし性質はコンデンサに並列な直列 RLC 回路と電氣的に等価である。

しかしながら、表面弾性波トランスデューサは、ある応用においては、それをその等価電子回路より有意に有効にする他の特性を呈する。これらの特徴のために、表面弾性波トランスデューサは、特に、水晶制御型発振器におけるフィードバックエレメントとしての使用に関して有利である。こ

この発明は物理変数を検出するために音波素子を用いる。発明の説明において、まず、特定の形式の音波素子すなわち SAW 素子として知られている表面弾性波素子に言及することが都合がよいであろう。表面弾性波は、結晶体からなる固体の平滑な表面上に伝搬するように作られうる。表面弾性波のエネルギー量は伝搬媒体中への深さとともに指数的に減衰し、そしてそれゆえに波のエネルギーがその表面の 1 波長以内に集中される。したがって、表面弾性波は、そのホスト (host) 固体の反対表面に影響を及ぼすどんな条件からも実質的に独立に伝搬する。

ここで、第 1 図を参照すると、典型的な表面弾性波トランスデューサの斜視図が示されている。表面弾性波は結晶体表面上に配置された電極のインタデジタルアレイ 11 によって、半波長間隔で発生される。アレイの送信電極 10 は多数の送信フィンガ 12, 14, 16 および 18 を含む。同様に、受信電極 20 は受信フィンガ 22, 24, 26 および 28 を含む。これらの電極は適宜の結

02

の構成において、表面弾性波素子は、その等価回路より、等価電気回路の 100 倍もの Q のような非常に高い Q を呈する。さらに、表面弾性波素子の狭帯域幅特性によって、選択されるべき共振のより精密な周波数を達成することができる。この応用における使用のために、増幅器がインタデジタル導体アレイに接続されていて、表面弾性波は送信電極によって発生され、結晶体表面上を受信電極へ伝搬し、検出され、そしてその増幅器への入力として供給される。このような発振器は、表面弾性波トランスデューサの位相傾斜 (phase slope) が他の発振器コンポーネントのそれよりも非常に大きいように設計されていて、それによってトランスデューサの位相偏移がその発振器の安定性を制御する。

表面弾性波素子が上述の態様で発振器中に用いられるとき、反射バリアを付加して信号を強化することが有利である。第 1 図に示すように、反射バリア 34 が結晶材料 32 の表面上に送信電極

および受信電極フィンガから所望の波長の倍数で隔てられて配置される。そのバリアは、レーザの動作と同様の態様での表面弾性波のコーヒレントな増幅のために、アレイ11へ伝搬波を反射する。

第2図は表面弾性波トランスデューサを用いる発振器のための典型的な回路構成を示す回路図である。第2図において示される回路は、Pierce(ピアース)発振器として構成されていて、それは、最小限度の数のコンポーネントのためにそれが簡単であるという理由および比較的周波数が安定であるという理由のために、この応用に有効である。

表面弾性波発振器のための1つの特定の応用はセンサとしてである。表面弾性波トランスデューサの結晶材料32に導入される任意のストレスが、アレイの送信および受信フィンガ間の距離に変化を生ぜしめ、またその結晶材料中での波の伝搬速度に変化を生ぜしめ、それゆえに発振器の共振周波数の変化に影響を及ぼし、その共振周波数の変化は加えられるストレスに比例する。したがって、結晶に作用する任意の物理変化が、取付

04

けられた発振器の回路の共振周波数に結果として生じる変化によって、測定されうる。この周波数変調効果のために、表面弾性波センサが、温度、圧力、大気負荷、粒子計数 (particle counting) などのような物理量を測定するために用いられる。

離れた位置での物理変数の検知のためにおよびその物理変数に関する情報の遠隔受信機への伝送のために、表面弾性波センサが用いられる方法および装置を提供することが、この発明の1つの顕著な特徴である。ここで第3図を参照して、この発明を実施している遠隔音波センサを説明する概略ブロックダイアグラムが示されている。第3図において、音波発振器36は音波トランスデューサ37とフィードバック増幅器39を含み、物理変数における変化にしたがって変調される特徴的な共振周波数を呈する。放送増幅器38は音波発振器36からの変調された周波数信号を受け、無線周波数信号として伝送するためにその信号を増幅する。送信アンテナ40は放送増幅器の出力

05

を受けてその信号情報を遠隔受信ユニットに能率的に放射する。上で議論したように、音波センサは、圧力のような物理変数における変化を共振周波数における変化に変換する。音波発振器が無線周波数範囲内の共振周波数をもつように選択されるので、音波センサからの周波数変調された信号は直接に増幅されかつ放送されうる。この特徴のために、音波センサは遠隔センサとして用いられるとき重要な利点を提供する。すなわち、このような音波センサは、強固で、雑音に対して強かつ簡単な電気回路を含み、結果的に、長寿命で、高信頼性でかつより経済的な製造コストを生じる。

この発明の好ましい実施例において、音波センサは水中における圧力変化を検出するために用いられている。第4図に図示されているのは、水中での使用のために設計された表面弾性波圧力トランスデューサの断面側面図である。圧力センサはそこに空洞44を規定するハウジング42を含む。第1図に図示されている表面弾性波トランスデューサと同様の表面弾性波トランスデューサ46は、

07

その空洞44を封止するようにハウジングに取付けられている。この態様で、トランスデューサ46の外表面48上にかかる圧力変化が、そのトランスデューサに印加される相対圧力差およびそのトランスデューサのたわみを生じる。その結果的に生じるストレスは、電極リード52および54が第3図に示されているような発振器の回路に接続されるとき、そのトランスデューサの内表面50上に配置された送信および受信電極によって検出される。

ここで第5図を参照して、この発明の第2の実施例がStoneley波圧力トランスデューサの断面側面図で示されている。第5図のトランスデューサは、第4図のそれと同様であり、またそこに空洞44を規定するハウジング42を含む。しかしながら、第5図のトランスデューサは、Stoneley波のトランスデューサ56を設け、このトランスデューサ56は空洞44を封止しかつその空洞とそのトランスデューサに対して外の環境との間の圧力差に応じてたわむ。Stoneley音波は表面弾性波

08

と同様であるが、1つの結晶材料の表面上よりむしろ、2つの結晶材料間の界面で伝搬する。このStoneley波トランスデューサ56は第1の圧電結晶58と第2の圧電結晶60とで構成されていて、それらはそれら結晶間の界面62を規定するように、添うような接触で保持されている。結晶の一方の表面上に配置されかつその界面62内に位置決めされているのは、インタデジタル導体アレイ64であり、それは第4図に示された表面弾性波トランスデューサのそれと構造的に実質同じである。第4図におけるように、電極リード52および54がインタデジタル導体アレイ64に取付けられていて、第3図に示すような発振器の回路に接続されうる。

圧力センサにおけるStoneley波素子の使用は、いくつかの重要な利点を提供する。比較的もろいインタデジタル導体アレイが2つの結晶材料間に配置されることによって完全に隔離されうるので、Stoneley波素子がさもなくばその導体アレイを損傷するであろう過酷な環境の影響により

20

一層耐えうる。この特徴は特に塩水のような腐食性環境において有利である。さらに、Stoneley波素子は、第4図に示すトランスデューサとは異なり、異なる周りの圧力を補償するための自動調整の特徴をもちうる。第4図のトランスデューサは一定圧力で空洞44に封止されなければならない、それはそのセンサの自在性を制限する。たとえば、第4図のトランスデューサが十分な深さの水中に下ろされると、センサの周りの水圧における大きな増加が表面弾性波結晶46上に静的なたわみを賦課し、それを圧力差に対してより小さく応答するようにする。一層大きな深さでかつ一層高い圧力では、その周りの圧力は、それがついに曲がるまでその結晶を内側へ押付ける。

第5図のStoneley波トランスデューサはハウジング42の側面を通る小さなオリフィス66を含み、そのために空洞44がそのトランスデューサの環境圧力に通じる。このオリフィスは、したがって、空洞44内の圧力をトランスデューサの外側の圧力と等しくする。しかしながら、オリフィ

21

スは、音波信号によって導入されるような比較的短い時間期間にわたる動的圧力変化でもなおトランスデューサをたわませかつ取付けられた発振器からの信号出力を発生させるように、その断面において十分に小さいものである。この特徴のために、第5図のトランスデューサは任意の水深で用いることができ、そして限られた周りの圧力範囲内では特定の深さに制限される必要がない。

結論として、この発明の典型的な実施例が上で説明されかつ論議されたが、この明細書に照らして、この発明の装置および方法の多数の変形および代わりの実施例が当業者にとって明らかであろう。この発明は、たとえば圧力センサについて説明されたが、この発明の原理は離れた位置での物理変数の測定のための多くの他の応用に等しく適用可能であるということが当業者に認識されるであろう。したがって、上述の説明は単に説明として考慮されるべきであり、そして上述の説明はこの発明の装置を構成しかつ方法を達成する態様を当業者に教示する目的を有するものである。さら

22

に、ここに描かれかつ説明されたこの発明の形式はまさに好ましい実施例として考慮されるべきである、ということを理解されたい。この発明の形態、寸法およびコンポーネントの配置において為されるであろう種々の変形が、この発明の範囲から離れることなく、当業者によって認識されるであろう。たとえばここで説明されかつ記述されたものにかわる等価なエレメント、部品ないし反転されもしくはさもなくば交換されるであろう接続およびこの発明の一定の特徴は、この発明の上述の説明から得られる利益を享受した後、当業者にとって明らかであるような他の特徴の使用と、独立的に利用されうるであろう。

#### 4、図面の簡単な説明

第1図は典型的な表面弾性波トランスデューサを図示する斜視図である。

第2図は表面弾性波トランスデューサとともに用いられる音波発振器の回路のための電気回路図である。

第3図はこの発明にしたがって構成された音波

23

センサを示すブロックダイアグラムである。

第4図は表面弾性波圧力トランスデューサの断面側面図である。

第5図はStoneley音波圧力トランスデューサの断面側面図である。

図において、36は音波発振器、37は音波トランスデューサ、38は放送増幅器、39はフィードバック増幅器、40は送信アンテナ、42はハウジング、44は空洞、46は表面波トランスデューサ、56はStoneley波トランスデューサ、62は界面、66はオリフィスを示す。

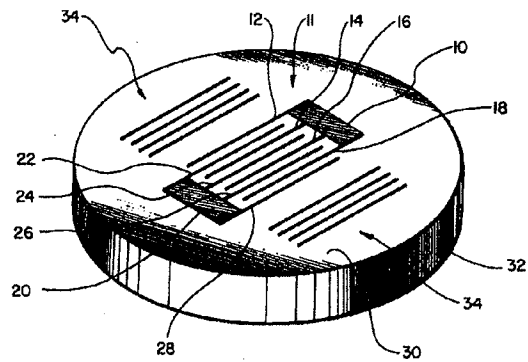


FIG. 1.

特許出願人 ロックウェル・インターナショナル・コーポレーション

代理人 弁理士 深見 久郎

(ほか2名)

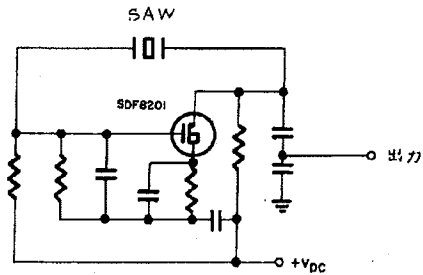


FIG. 2.

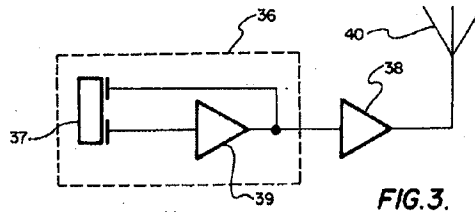


FIG. 3.

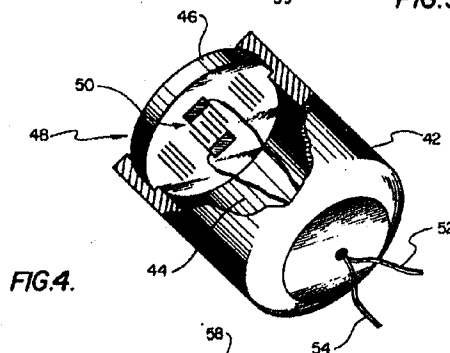


FIG. 4.

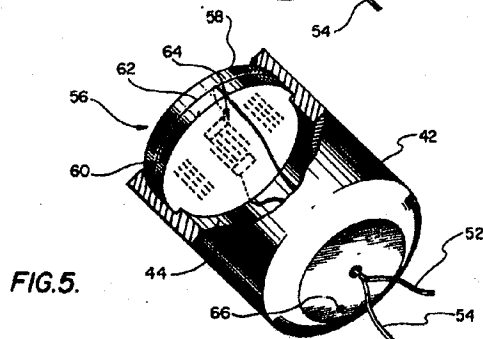


FIG. 5.